

FRAÇÃO DE ÁGUA TRANSPIRÁVEL NO SOLO NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DO CAFEIRO CONILON

Rogério Rangel Rodrigues¹, Samuel Cola Pizetta², Edvaldo Fialho dos Reis³,
Wilian Rodrigues Ribeiro⁴, Giovanni de Oliveira Garcia⁵

(Recebido: 05 de setembro 2014 ; aceito: 09 de dezembro de 2014)

RESUMO: A fração de água transpirável no solo influencia os processos fisiológicos e morfológicos das plantas. Assim, objetivou-se avaliar a influência da fração de água transpirável no solo, no desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner). O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na Área Experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, em Alegre, ES, o qual foi constituído de dois tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos corresponderam à ausência e presença de deficiência hídrica no solo, sendo os tratamentos aplicados aos 30, 60 e 90 dias após plantio. O tratamento sem déficit hídrico foi irrigado diariamente, mantendo a umidade do solo próxima à capacidade de campo. No tratamento com déficit hídrico, o déficit foi aplicado até as plantas atingirem 10% da transpiração relativa do tratamento sem déficit hídrico. Os parâmetros avaliados foram: altura das plantas, diâmetro do caule, área foliar, número de folhas, coeficiente de transpiração e transpiração relativa. Objetivando-se avaliar a recuperação das plantas após déficit hídrico, as mesmas foram mantidas, por 30 dias, com umidade do solo próxima à capacidade de campo. Os dados obtidos indicam que todos os parâmetros avaliados, na primeira época de déficit hídrico, começaram a sofrer reduções com valores de fração de água transpirável do solo, próximos de 1,0. Porém, à medida que o déficit hídrico foi aplicado em plantas mais desenvolvidas, os parâmetros avaliados sofreram reduções em valores mais baixos de fração de água transpirável do solo. Nenhum dos parâmetros avaliados no tratamento com déficit apresentou recuperação, à semelhança do tratamento sem déficit, independentemente da época de déficit hídrico.

Termo para indexação: *Coffea canephora*, disponibilidade hídrica, déficit hídrico.

FRACTION OF TRANSPIRABLE SOIL WATER IN INITIAL CONILON COFFEE DEVELOPMENT

ABSTRACT: The fraction of transpirable soil water affects the morphological and physiological processes of plants. The objective was to evaluate the influence of the fraction of water in the soil breathable early development conilon coffee (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner). The experiment was carried out in a greenhouse at the Experimental Center of Agricultural Sciences of the Federal University of Espírito Santo, Alegre, ES, which consisted of two treatments and four replicates. The treatments consisted of absence and presence of soil water deficit, with the treatments applied at 30, 60 and 90 days after planting. Treatment without deficit was irrigated daily, keeping the moisture close to field capacity soil. On treatment with water deficit the deficit was applied until the plants reach 10% of the relative transpiration treatment without water deficit. The parameters evaluated were: plant height, stem diameter, leaf area, leaf number, coefficient of relative transpiration and perspiration. To evaluate the recovery of plants after water stress, they are kept for 30 days, with moisture close to field capacity soil. The data indicate that all parameters in the first season of drought, began to suffer reductions in fraction of transpirable soil water near 1.0. However, as the water deficit was applied in more developed plants, the parameters evaluated suffered reductions at lower values of the fraction of transpirable soil water. None of the parameters evaluated in the treatment deficit, recovered similarly to treatment without deficit, regardless of the time of drought.

Index terms: *Coffea canephora*, water availability, water deficit.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o plantio do cafeeiro conilon geralmente está situado em regiões em que as condições climáticas e balanço hídrico são favoráveis, apresentando satisfatório desenvolvimento vegetativo e produtivo, quando os cultivos são realizados em áreas cuja temperatura média anual varia de 22°C a 26°C, a precipitação anual é superior a 1500 mm e a

umidade relativa do ar compreendida entre 80 e 90 % (FERRÃO et al., 2007).

O estado do Espírito Santo apresenta condições térmicas adequadas para o cultivo da espécie, no entanto a ocorrência de secas prolongadas e veranicos, principalmente no norte do Estado, é o principal fator limitante à produção, principalmente em área não irrigadas (DAMATTA; RAMALHO, 2006).

^{1,2}Rua Isaias Gomes de Oliveira, nº 238, Apto 201 - Bairro Jardim Fabiana - 37.200-000 - Lavras - MG - rogeriorr7@hotmail.com, scpizetta@hotmail.com

^{3,5}Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo/CCA-UFES - Departamento de Engenharia Rural/DER Cx. P. 16 - Alegre - ES - edreis@cca.ufes.br, giovanni.garcia@ufes.br

⁴Rua José Vieira Tatagiba, nº 124, Apto 126 - Bairro Guararema - 29.500-000 - Alegre - ES - wilianrodrigues@msn.com

Para Pezzopane et al. (2009), apesar das ótimas condições térmicas para o cultivo do cafeeiro conilon no estado do Espírito Santo, o estado apresenta alto risco climático para o aspecto hídrico, principalmente no norte do Estado, onde o cultivo de café conilon tem ocorrido em regiões em que a deficiência hídrica é o principal fator limitante à produção.

A redução da água disponível no solo a limites críticos para o cafeeiro compromete seu desenvolvimento inicial, como observado por Araujo et al. (2011b), Oliveira, Pizetta e Reis (2012) e Pizetta et al. (2012), bem como na fase reprodutiva (MARSETTI et al., 2013). Para avaliar a resposta da planta à redução da água disponível para a transpiração, o conceito de fração de água transpirável no solo tem sido utilizado por alguns autores, como relatado por Araujo et al. (2011a, 2011b), para o cafeeiro Arábica e Conilon, Lago et al. (2012), para batata, Lago et al. (2011), para mandioca, Martins et al. (2008), em duas espécies de eucalipto, e Ramos e Martínez-Casasnovas (2014), em videira. No entanto, na literatura, encontram-se diferentes valores de fração de água transpirável no solo, crítica para o desenvolvimento da cultura, consequência das variações de solo, clima e cultura. Além disso, para a cultura do cafeeiro conilon, Araujo et al. (2011a) foram os primeiros a avaliar os valores críticos de fração de água transpirável no solo, necessitando, desta forma, de mais pesquisas com esse conceito.

No conceito da fração de água transpirável do solo, é assumido que o conteúdo de água no solo utilizado pela planta para a transpiração varia entre o conteúdo de água no solo, na capacidade de campo, quando a transpiração é máxima, e o conteúdo de água no solo, quando a transpiração da planta é igual a 10% da transpiração máxima (SINCLAIR; LUDLOW, 1986).

A redução da fração de água transpirável do solo reduz o desenvolvimento fisiológico e morfológico das culturas, proporcionando menores produtividades. Desta forma, objetivou-se, com este trabalho, avaliar a influência da fração de água transpirável no solo sobre o desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em estufa (sem controle climatológico), instalada na área experimental do Centro de Ciências Agrárias da

Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), localizada no município de Alegre-ES, latitude 20° 45' 48" Sul, longitude 41° 29' 27" Oeste e altitude de 123 m.

Foram utilizadas mudas de *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner, cultivar Robusta Tropical (EMCAPER 8151 – Robusta Tropical), conduzidas em vasos plásticos de 12 L.

O solo utilizado foi um Latossolo vermelho-Amarelo Eutrófico, sendo destorroado, passado em peneira de 4 mm e homogeneizado. A aplicação de adubos químicos foi realizada, com base na análise química do solo e na exigência nutricional da cultura (NOVAIS; NEVES; BARROS, 1991).

Foram realizadas análises químicas e físico-hídricas do solo utilizado no experimento. Na análise físico-hídrica do solo, determinou-se: a umidade do solo na capacidade de campo (CC), na tensão de 0,01 MPa (28,57%); o ponto de murcha permanente (PMP), na tensão de 1,5 MPa (13,24%); granulometria (areia, silte e argila), densidade do solo (1,03 Kg dm⁻³), densidade de partícula (2,63 Kg dm⁻³) e porosidade total (0,608 m³ m⁻³).

O experimento foi constituído de dois tratamentos inteiramente casualizados (com déficit hídrico e sem déficit hídrico) e quatro repetições. Os tratamentos foram aplicados aos 30, 60 e 90 dias após o plantio. As plantas que receberam o tratamento sem déficit hídrico foram irrigadas diariamente, mantendo-se a umidade do solo próxima à capacidade de campo. No tratamento com déficit hídrico, o déficit foi aplicado até as plantas atingirem 10% da transpiração relativa do tratamento sem déficit hídrico. Após terem atingido os 10% da transpiração relativa do tratamento sem déficit hídrico, as plantas foram irrigadas diariamente por mais 30 dias, mantendo-se a umidade do solo próxima à umidade na capacidade de campo, objetivando avaliar a recuperação das mesmas após déficit hídrico, nos diferentes períodos de avaliação (30, 60 e 90 dias após plantio).

Cada parcela experimental foi constituída por um vaso com capacidade para 12 L, que foi saturado com água e submetido à drenagem natural por 48 horas, a fim de atingir a capacidade de campo, sendo determinado o peso inicial na capacidade de campo (Pcci). Cada vaso foi revestido lateralmente com papel branco para reduzir a absorção de radiação solar, a fim de reduzir o aquecimento do solo. Na superfície do solo, foi colocado isopor (de 1,5 cm de espessura) para minimizar a perda de água pela evaporação

direta do solo, a fim de reduzir o erro experimental, pois o conceito de fração de água transpirável no solo trabalha com a perda de água através da transpiração da planta (ARAUJO, 2011a).

Foi adotado o limite de 10% da transpiração relativa por assumir-se que abaixo desta taxa de transpiração os estômatos estão fechados e a perda de água é devida apenas à condutância epidérmica. A transpiração relativa foi calculada pela Equação 1 (SINCLAIR; LUDLOW, 1986).

$$TR = \frac{TDT_d}{TDT_0} \quad 1$$

Em que: TR = Transpiração relativa; TDT_d = Transpiração diária dos tratamentos que sofrem déficit, em L; e TDT_0 = Média da Transpiração diária do tratamento T_0 , em L.

Para avaliar as respostas ecofisiológicas do cafeeiro ao déficit hídrico, foi utilizado o conceito da fração de água transpirável no solo. A fração de água transpirável no solo foi calculada pela Equação 2 (SINCLAIR; LUDLOW, 1986).

$$FATS = \frac{P_{diário} - P_f}{P_{cci} - P_f} \quad 2$$

Em que: $P_{diário}$ – Peso da parcela experimental em cada dia, em kg; P_{cci} – Peso inicial de cada parcela experimental na capacidade de campo, em kg; e P_f – Peso final, em kg.

O peso final foi obtido, quando a parcela atingiu 10% da transpiração relativa do T_0 . Ao final da tarde de cada dia, todos os vasos foram pesados em uma balança eletrônica. Logo após a pesagem das plantas de cada tratamento, com exceção das plantas que estiveram em déficit hídrico, foram irrigadas com a quantidade de água perdida pela transpiração. A quantidade de água foi determinada pela diferença entre o peso do vaso no dia específico e o peso inicial (capacidade de campo). Durante a vigência da deficiência hídrica no solo, as plantas não receberam água.

Para avaliar a influência da deficiência hídrica no solo sobre o crescimento inicial do cafeeiro conilon, a cada três dias foram avaliadas as seguintes variáveis: transpiração relativa, área foliar e altura de planta (ALT - que compreende o comprimento da haste principal do nível do solo até a gema apical). A área foliar foi determinada pelo método de Barros et al. (1973), medindo-se as folhas que apresentavam, pelo menos, 1cm de

comprimento.

As variáveis avaliadas foram normalizadas, para ficarem entre os intervalos de valores de 0 a 1, pela Equação 3 (SINCLAIR; HOLBROOK; ZWIENIECKI, 2005):

$$Vn = \frac{\text{valor TR 10\%} - \text{valor (n)}}{\text{valor TR 10\%} - v_{inicial}} \quad 3$$

Em que Vn é variável normalizada (AF e ALT), valor TR 10 % é o valor da variável quando a TR foi 10 % (final do experimento), valor (n) é o valor da variável no dia específico e v inicial é o valor da variável no primeiro dia do experimento.

Os dados das variáveis Vn e TR (variável dependente - y) foram ajustados a uma função logística da variável FATS (variável independente - x) do tipo (Equação 4):

$$y = a / \left[1 + \exp \left(- \frac{x - x_0}{b} \right) \right] \quad 4$$

Em que a, x_0 e b são coeficientes estimados com o procedimento de software estatístico.

Os valores de fração de água transpirável no solo, crítica para as variáveis avaliadas, foram estimados pela equação logística como sendo o valor da fração de água transpirável no solo, quando essas variáveis foram de 0,95. Usou-se o valor de 0,95, por ele ser tradicionalmente adotado como nível de acerto (100-5 % de erro = 95 % de acerto) (LAGO et al., 2012).

As curvas ajustadas, através de software estatístico, foram utilizadas para determinar o valor de fração de água transpirável no solo, em que se iniciou a redução da transpiração relativa e, conseqüentemente, da condutância estomática, bem como a fração de água transpirável no solo em que o crescimento e o desenvolvimento começaram a ser afetados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As relações entre as variáveis, transpiração relativa e fração de água transpirável no solo, nas três épocas de déficit hídrico, encontram-se na Figura 1.

O valor da fração de água transpirável no solo, em que se inicia a redução da transpiração relativa ocorre quando a curva estimada pela equação logística afasta-se de 1 e inicia-se o decréscimo linear (ponto crítico) (SINCLAIR; LUDLOW, 1986). Assim, pode-se observar na Figura 1 que o valor crítico de fração de água transpirável no solo, para o cafeeiro conilon, em

que se iniciou a redução da transpiração relativa foi diminuindo nos três períodos de avaliação, sendo esses valores de 0,61, com início do déficit hídrico aos 30 dias, de 0,58 aos 60 dias e de 0,40 aos 90 dias, após plantio.

Os valores de fração de água transpirável no solo encontrados foram menores do que os encontrados por Araujo (2011), encontrando valores de fração de água transpirável no solo de 0,80, para a primeira e segunda época de déficit hídrico, e valor de 0,60, para a terceira época de déficit.

Apesar da maioria dos resultados convergirem para uma faixa única de valores de fração de água transpirável no solo crítica, existem algumas variações entre os diferentes estudos. Essas variações nos valores de fração de água transpirável no solo, crítica, poderiam ser atribuídas a diferenças de tamanho dos vasos utilizados em cada estudo, ao tipo de solo ou a variações nas condições de demanda evaporativa do ar (LAGO et al., 2011).

O fechamento estomático, devido a um maior valor de fração de água transpirável no solo, durante um déficit de curta duração, segundo Ray e Sinclair (1997), será traduzido em perda de produtividade. Porém, em condições de monocultura, a espécie que fecha os estômatos em maior fração de água transpirável no solo irá poupar água e aumentar suas chances de sobrevivência, durante as secas de longo prazo, ainda que haja perda na produtividade.

Os diferentes valores de fração de água transpirável no solo, determinados nas três épocas de déficit hídrico, indicam que o cafeeiro conilon robusta tropical apresentou resposta superior ao déficit hídrico de curta duração, quando o déficit

hídrico foi iniciado aos 60 e 90 dias após plantio, pois apresentaram menores valores de fração de água transpirável no solo. Observa-se que, aos 30 dias após plantio, as plantas apresentaram redução na transpiração em maior valor de fração de água transpirável no solo, indicando que a resposta do cafeeiro ao déficit hídrico de curta duração é comprometida, pois apresenta fechamento estomático assim que a umidade do solo começa a ser reduzida. Esse fato já era esperado, uma vez que plantas mais novas apresentam sistema radicular menos desenvolvido, sendo aprofundados em condições de déficit hídrico.

Os valores de fração de água transpirável no solo, no qual se iniciou a redução da transpiração relativa do cafeeiro conilon, foram superiores aos encontrados em algumas espécies perenes, como a videira (FATS = 0,35) (BINDI et al., 2005), tuia (FATS = 0,35), algarrobeira (FATS = 0,30), hibisco (FATS = 0,30), azevinho europeu (FATS = 0,30) e bordo vermelho (FATS = 0,25) (SINCLAIR; HOLBROOK; ZWIENIECKI, 2005), porém, foram próximos aos obtidos para *Eucalyptus grandis* W. Mill ex Maiden e *Eucalyptus saligna* Sm. (FATS = 0,70) (MARTINS et al., 2008).

A relação entre o parâmetro área foliar e fração de água transpirável no solo, nas três épocas de déficit hídrico, encontram-se na Figura 2, em que se observa o decréscimo da área foliar à medida que a fração de água transpirável no solo diminui até zero.

Na Figura 2, pode-se observar que, na primeira época de déficit hídrico, a área foliar começou a reduzir-se a um valor maior de fração de água transpirável no solo (0,71), o que segundo Muchow e Sinclair (1991) conserva água no solo e é um critério adaptativo da planta, para suportar uma deficiência hídrica prolongada.

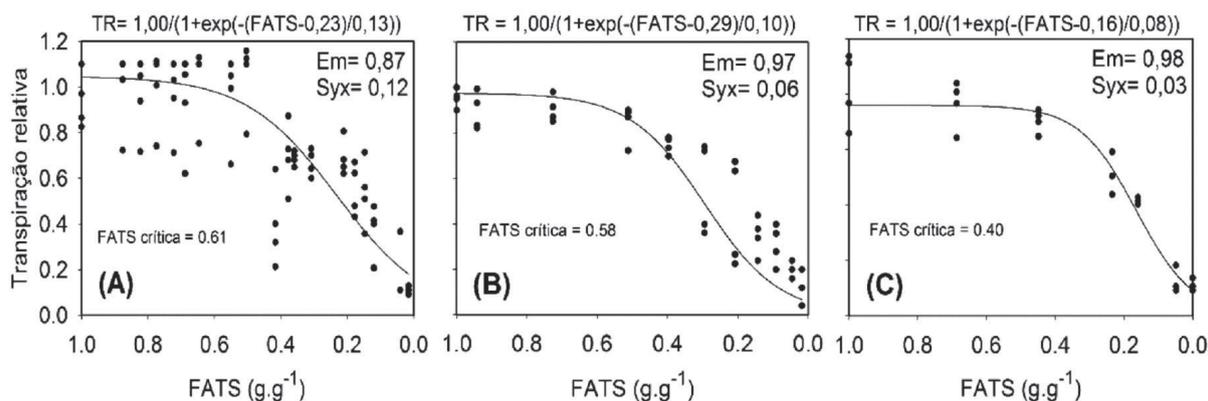


FIGURA 1 - Transpiração relativa do cafeeiro conilon (TR), em função da fração de água transpirável no solo (FATS), em três épocas de déficit hídrico (“A”- 30 dias após plantio; “B”- 60 dias após plantio e; “C”- 90 dias após plantio). Em: Eficiência do modelo, Syx: Erro-padrão da estimativa.

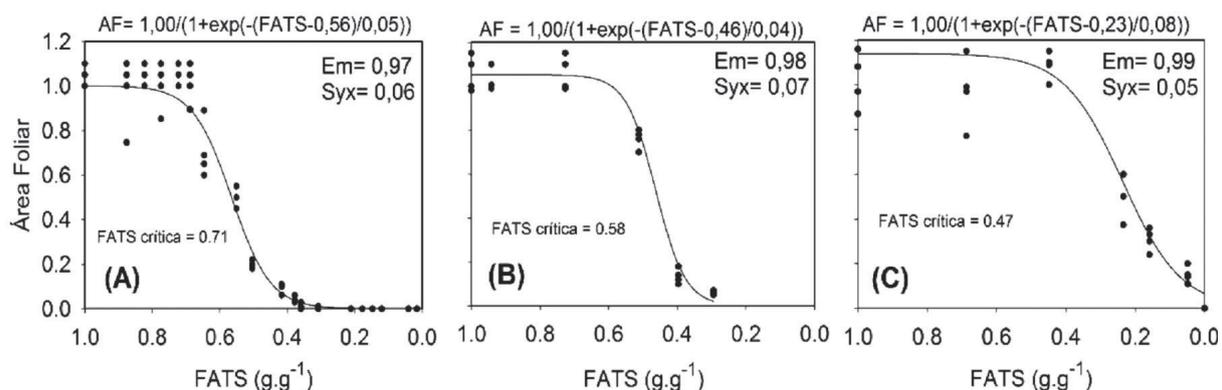


FIGURA 2 - Área foliar do cafeeiro conilon (AF) em função da fração de água transpirável no solo (FATS), em três épocas de déficit hídrico (“A”- 30 dias após plantio; “B”- 60 dias após plantio e; “C”- 90 dias após plantio). Em: Eficiência do modelo, Syx: Erro-padrão da estimativa.

Na segunda e na terceira época de déficit hídrico (aos 60 e 90 dias após plantio), o cafeeiro apresentou redução no valor da fração de água transpirável no solo, no qual a área foliar começou a ser reduzida, apresentando valores de 0,58, na segunda época e de 0,47, na terceira época. Araujo (2011), utilizando o conceito de fração de água transpirável no solo para estudar o efeito do déficit hídrico, sobre o cafeeiro conilon, cultivar Robusta Tropical, encontrou valores de fração de água transpirável no solo, próximos de 1,0, para a primeira época de déficit, de 0,60, na segunda época e de 0,40, na terceira época.

A área foliar está diretamente ligada à transpiração do cafeeiro, fato que pode ser confirmado ao se avaliarem as Figuras 1 e 2, que apresentam valores semelhantes de fração de água transpirável no solo.

As relações entre a variável altura de planta e fração de água transpirável no solo, nas três épocas de déficit hídrico, encontram-se na Figura 3, em que se observa o decréscimo da altura, à medida que a fração de água transpirável no solo diminui até zero.

Na primeira época de déficit hídrico, a altura das plantas começou a ser reduzida com valor de fração de água transpirável no solo de 0,67. Na segunda época, foi de 0,55, e de 0,36, na terceira época de déficit hídrico.

Assim como ocorreu para as demais variáveis, a altura das plantas também foi reduzida em valores mais baixos de fração de água transpirável no solo, à medida que o déficit foi aplicado em plantas mais desenvolvidas. Esses resultados diferem de Araujo (2011), que encontrou valores de fração de água transpirável no solo, próximos de 1,0, na primeira época, de

0,95, na segunda e de 0,75, na terceira época de déficit hídrico, para a variável altura do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical.

Todas as equações logísticas, nas três épocas de déficit hídrico, apresentaram boa precisão, com valores elevados de eficiência do modelo (Em) e baixos valores de erro padrão da estimativa (Syx), corroborando com trabalho de Araujo (2011), Lago et al. (2011, 2012) e Martins et al. (2008).

Na Figura 4, são apresentados os valores da evolução da área foliar do cafeeiro conilon, durante o déficit e após o déficit hídrico (período de recuperação), demonstrando o início e o final do estresse hídrico, nos dois tratamentos (com déficit hídrico e sem déficit hídrico), nas três épocas de déficit.

Pode-se observar na Figura 4 que, à medida que o déficit hídrico foi aplicado houve redução da área foliar do cafeeiro conilon até 10% da transpiração relativa do tratamento sem déficit hídrico. Porém, quando o déficit foi aplicado aos 30 dias (Figura 4A), a área foliar do cafeeiro conilon começou a se reduzir aos 20 dias após o início do tratamento. No entanto, aos 60 dias (Figura 4B), a área foliar começou a ser reduzida aos 10 dias após início do tratamento, e aos 90 dias (Figura 4C) a redução começou aos 7 dias, sendo essas reduções justificadas pelo crescimento da área foliar, conseqüentemente, da transpiração, ocasionando maior absorção da fração de água disponível no solo, fato também observado por Araujo (2011). O crescimento da área foliar é dependente da disponibilidade de água no solo, como observado por Martins et al. (2006) para o cafeeiro conilon, encontrando menores valores dessa variável com reposições de água no solo menores que 80% da evapotranspiração de referência do tanque “Classe A”.

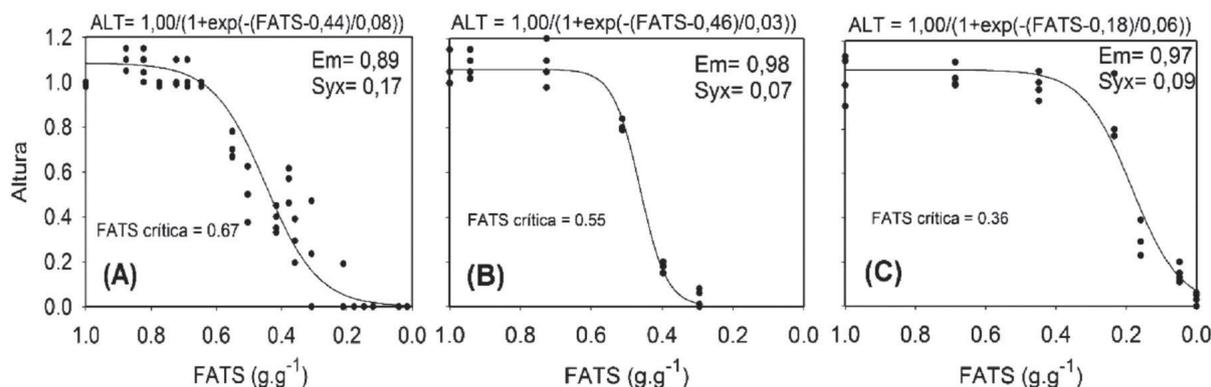


FIGURA 3 - Altura do cafeeiro conilon (ALT) em função da fração de água transpirável no solo (FATS), em três épocas de déficit hídrico (“A”- 30 dias após plantio; “B”- 60 dias após plantio e; “C”- 90 dias após plantio). Em: Eficiência do modelo, Syx: Erro-padrão da estimativa.

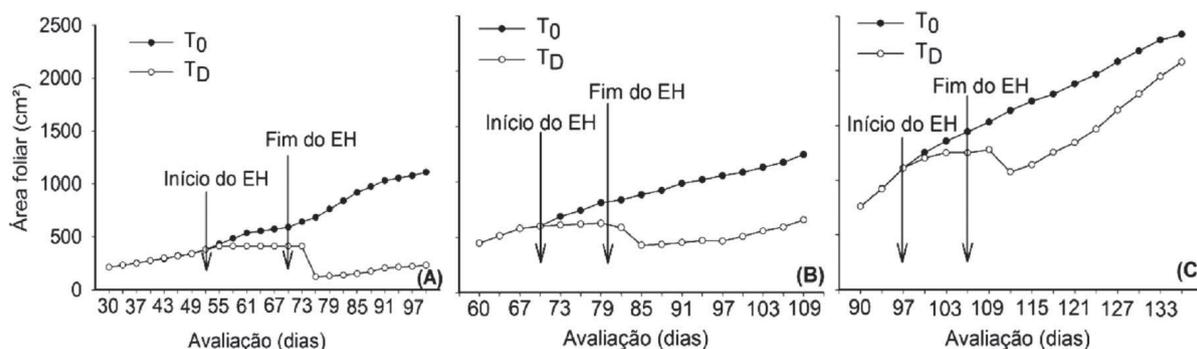


FIGURA 4 - Evolução da área foliar do cafeeiro conilon, cultivar Robusta tropical, antes, durante e após as três épocas de déficit hídrico (“A”- 30 dias após plantio; “B”- 60 dias após plantio e; “C”- 90 dias após plantio), para os tratamentos sem déficit (T_0) e com déficit hídrico (T_D), demonstrando o início e o fim do estresse hídrico (EH), pelo cafeeiro conilon.

O final do período de déficit hídrico também foi sendo reduzido com as épocas de avaliação. Na época de 30 dias, o cafeeiro submetido ao déficit levou 40 dias para atingir os 10% da transpiração do tratamento sem déficit hídrico. Para a época de 60 dias, o tempo para atingir os 10% da transpiração do tratamento, sem déficit hídrico, foi de 40 dias. E para a época de avaliação de 90 dias, esse tempo foi de 16 dias.

Também, nota-se que, quando o déficit hídrico foi aplicado aos 90 dias após plantio, a recuperação da área foliar foi maior em relação às plantas submetidas ao déficit hídrico, aos 30 dias após plantio.

As plantas submetidas ao déficit hídrico, aos 30 dias, obtiveram, ao final do período de recuperação 20,90% de área foliar, em relação àquelas sem déficit hídrico, enquanto que aquelas sem déficit hídrico obtiveram 378,38% de área foliar, maior em relação às plantas em déficit

hídrico. Para o déficit hídrico aos 60 dias, as plantas em déficit hídrico obtiveram 52,63% de área foliar, quando comparadas àquelas sem déficit hídrico, sendo a área foliar 90,02% maior naquelas sem déficit hídrico. Porém, observa-se que, com a aplicação do déficit hídrico aos 90 dias, a diferença entre os tratamentos é reduzida, obtendo nas plantas um déficit hídrico 89,17% de área foliar, em relação àquelas sem déficit hídrico, sendo a área foliar 12,14% maior nas plantas sem déficit hídrico.

A perda de área foliar é comum em plantas sob déficit hídrico, como relatado por Pizetta et al. (2012), encontrando menores valores para área foliar, em mudas de conilon submetidas à déficit hídrico prolongado, demonstrando assim, maiores danos no desenvolvimento inicial desta espécie, em períodos prolongados de estresse hídrico e, conseqüentemente, dificultando a recuperação da mesma com o retorno da irrigação.

Na Figura 5, são apresentados os valores da evolução da altura do cafeeiro conilon, durante o déficit e após o déficit hídrico (período de recuperação), demonstrando o início e o final do estresse hídrico, nos dois tratamentos (com déficit hídrico e sem déficit hídrico), nas três épocas de déficit.

Na Figura 5A, podemos observar que, no início do déficit hídrico, aos 30 dias após o plantio, ocorreram grandes diferenças na altura entre os dois tratamentos, ficando essa diferença menor, quando o déficit foi aplicado aos 60 e 90 dias, após plantio (Figura 5B e 5C).

Em todas as épocas de déficit e nos tratamentos com déficit e sem déficit ocorreram incrementos na altura do cafeeiro ao final do período de recuperação, em relação ao final do déficit hídrico. No entanto, em nenhuma época, as plantas submetidas ao déficit, ao final do período de recuperação, equipararam-se às plantas mantidas sem déficit hídrico. Contudo, as plantas que foram submetidas à terceira época de déficit hídrico apresentaram menores diferenças entre os tratamentos, ao final do período de recuperação.

Na primeira época de déficit hídrico (30 dias), ao final do período de recuperação, as plantas submetidas ao déficit hídrico apresentaram crescimento de 65,08%, em relação àquelas sem déficit hídrico, apresentando, essas últimas, ganho de 53,80% maior do que as em déficit hídrico. Na segunda época de déficit hídrico (60 dias), o ganho em altura foi de 84,71% para as plantas em déficit hídrico, sendo esse ganho 18,01% maior, naquelas sem déficit hídrico. E na terceira época de déficit hídrico (90 dias), as plantas em déficit hídrico apresentaram crescimento de 90,95%, sendo 3,94% maior naquelas sem déficit hídrico.

A redução da altura do cafeeiro em resposta ao déficit hídrico, possivelmente, pode estar relacionada ao acúmulo de ácido abscísico (ABA), nas folhas da planta. O acúmulo de ABA, em plantas sob estresse hídrico, é uma resposta ao estresse hídrico, que dentre outras funções, atua na redução do crescimento da planta (TAIZ; ZEIGER, 2009).

O início do déficit hídrico, que ocasionou a redução da altura do cafeeiro, foi de 19, 10 e 7 dias para as épocas de avaliação 30, 60 e 90 dias, respectivamente. Dardengo, Reis e Passos (2009) também observaram redução significativa na altura do cafeeiro conilon, quando submetido a déficit hídrico de 33% da água disponível, em Latossolo Vermelho-Amarelo.

Na Figura 6, são apresentados os valores da evolução da transpiração relativa do cafeeiro conilon, durante o déficit e após o déficit hídrico (período de recuperação), demonstrando o início do déficit hídrico e o final do déficit hídrico, nos dois tratamentos (com déficit hídrico e sem déficit hídrico), nas três épocas de déficit.

Pode-se observar na Figura 6, que no início do déficit hídrico, a transpiração relativa das plantas dos tratamentos sem déficit e com déficit hídrico eram semelhantes, porém, essa diferença foi aumentando até o final do déficit hídrico.

Apesar de haver incremento na transpiração relativa do cafeeiro conilon durante a recuperação, a transpiração das plantas submetidas ao déficit não se equiparou àquelas que não sofreram déficit. Comportamento semelhante foi observado por Araujo (2011), encontrando taxas crescentes na recuperação da transpiração relativa do cafeeiro conilon, cultivar Robusta Tropical submetido ao déficit hídrico.

Para o déficit hídrico aplicado aos 30 dias (Figura 6A), as plantas submetidas ao déficit hídrico obtiveram, ao final do período de recuperação, transpiração relativa de 71%, em relação àquelas sem déficit hídrico, sendo a transpiração relativa 96,08% maior, nas plantas sem déficit hídrico. Para o déficit aplicado aos 60 dias (Figura 6B), a transpiração relativa foi de 82% para as plantas do tratamento com déficit hídrico, sendo 21,95% maior, naquelas sem déficit hídrico. No entanto, observa-se que, quando o déficit hídrico foi aplicado 90 dias (Figura 6C), a transpiração relativa aumenta e a diferença entre os tratamentos é reduzida, obtendo-se transpiração relativa de 88% nas plantas do tratamento com déficit, e as plantas do tratamento sem déficit hídrico obtiveram transpiração relativa 13,64% maior, em relação àquelas com déficit hídrico.

Na terceira época de déficit hídrico, a recuperação da transpiração relativa foi mais rápida do que nas demais épocas. Esse fato pode ser explicado devido à queda de menor número de folhas, conforme observado por Araujo (2011) e Pizetta et al. (2012).

O início do déficit hídrico, que ocasionou a redução da transpiração relativa do cafeeiro, foi de 16, 7 e 4 dias para as épocas de avaliação 30, 60 e 90 dias, respectivamente. Esses valores demonstram que a transpiração relativa começou a ser reduzida, antes que os demais parâmetros avaliados reduzissem.

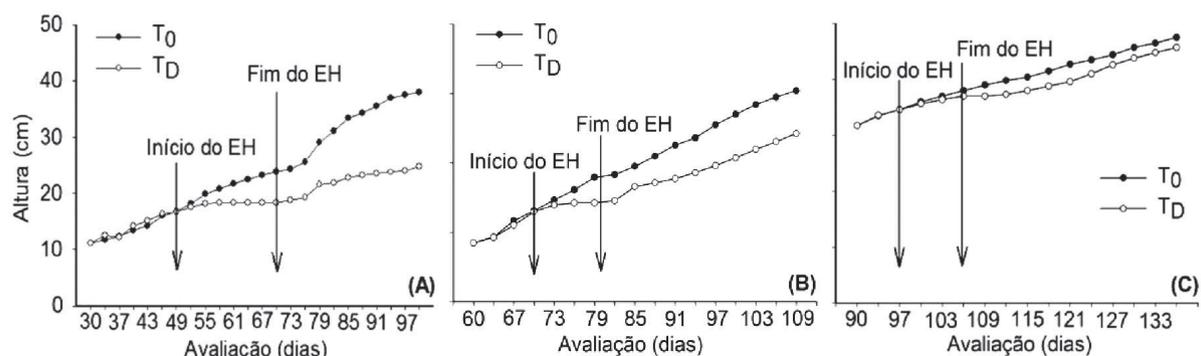


FIGURA 5 - Evolução da altura do cafeeiro conilon, cultivar Robusta tropical, antes, durante e após as três épocas de déficit hídrico (“A”- 30 dias após plantio; “B”- 60 dias após plantio e; “C”- 90 dias após plantio), para os tratamentos sem déficit (T_0) e com déficit hídrico (T_D), demonstrando o início e o fim do estresse hídrico (EH), pelo cafeeiro conilon.

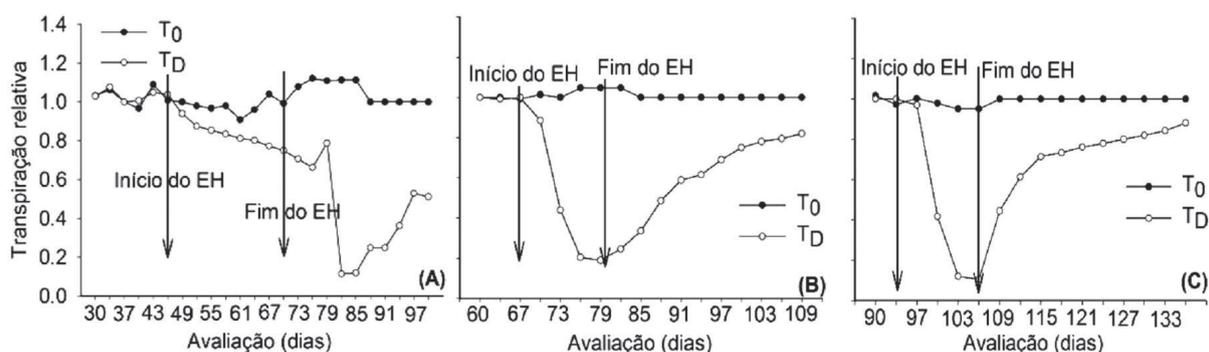


FIGURA 6 - Evolução da transpiração relativa do cafeeiro conilon, cultivar Robusta tropical, antes, durante e após as três épocas de déficit hídrico (“A”- 30 dias após plantio; “B”- 60 dias após plantio e; “C”- 90 dias após plantio), para os tratamentos sem déficit (T_0) e com déficit hídrico (T_D), demonstrando o início e o fim do estresse hídrico (EH), pelo cafeeiro conilon.

Independente da época de déficit hídrico, nenhuma das características avaliadas (área foliar média, número médio de folhas, altura média e diâmetro médio do caule, no tratamento com déficit, apresentou recuperação ao ponto de equivalência aos valores apresentados pelo tratamento sem déficit hídrico. Araujo et al. (2011b) e Pizetta et al. (2012) também observaram que o déficit hídrico, em plantas de café conilon, cultivar Robusta Tropical, foi prejudicial, não importando a época de aplicação.

4 CONCLUSÕES

A fração de água transpirável no solo, crítica para o desenvolvimento do cafeeiro conilon, é maior em plantas com déficit hídrico iniciado aos 30 dias após plantio, encontrando menores valores em plantas mais desenvolvidas (60 e 90 dias após plantio). No entanto, plantas submetidas ao déficit

hídrico, com início aos 30 dias após plantio, são sensíveis à redução da fração de água transpirável do solo, tendo sua recuperação comprometida, quando comparadas às que tiveram déficit iniciado aos 60 e 90 dias, após plantio.

5 REFERÊNCIAS

ARAUJO, G. L. **Déficit hídrico no solo e sua influência sobre a transpiração, o crescimento e desenvolvimento do cafeeiro**. 2011. 71 p. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2011.

ARAUJO, G. L. et al. Deficiência hídrica no solo e seu efeito sobre transpiração do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 17., 2011, Guarapari. **Resumos Expandidos...** Campinas: SBA, 2011a. 1 CD-ROM.

- _____. Influência do déficit hídrico no desenvolvimento inicial de duas cultivares de café conilon. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 2, p. 115-124, 2011b.
- BARROS, R. S. et al. Determinação de área de folhas do café (*Coffea arabica* L. cv. 'Bourbon Amarelo'). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 20, n. 107, p. 44-52, 1973.
- BINDI, M. et al. Influence of water deficit stress on leaf area development and transpiration of Sangiovese Grapevines grown in pots. **American Journal of Enology and Viticulture**, Gainesville, v. 56, n. 3, p. 68-72, 2005.
- DAMATTA, F. M.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campos dos Goytacazes, v. 18, n. 1, p. 55-81, 2006.
- DARDENGO, M. C. J. D.; REIS, E. F. dos; PASSOS, R. R. Influência da disponibilidade hídrica no crescimento inicial do cafeeiro conilon. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 6, p. 1-14, 2009.
- FERRÃO, R. G. et al. **Café Conilon**. Vitória: INCAPER, 2007. 702 p.
- LAGO, I. et al. Transpiração e crescimento foliar de clones de batata em resposta à fração de água transpirável no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campina Grande, v. 36, p. 745-754, 2012.
- _____. Transpiração e crescimento foliar de plantas de mandioca em resposta ao deficit hídrico no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 11, p. 1415-1423, nov. 2011.
- MARSETTI, M. M. S. et al. Déficit hídrico e fatores climáticos na uniformidade da florada do cafeeiro conilon irrigado. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 7, n. 6, p. 371-380, 2013.
- MARTINS, C. C. et al. Crescimento inicial do café conilon (*coffea canephora* pierre ex froehner) sob diferentes lâminas de irrigação. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 14, n. 3, p. 193-201, 2006.
- MARTINS, F. B. et al. Deficiência hídrica no solo e seu efeito sobre transpiração, crescimento e desenvolvimento de mudas de duas espécies de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campina Grande, v. 32, p. 1297-1306, 2008.
- MUCHOW, R. C.; SINCLAIR, T. R. Water deficits effects on maize yields modeled under current and "greenhouse" climates. **Agronomic Journal**, Madison, v. 83, p. 1052-1059, 1991.
- NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J. et al. (Ed.). **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: EMBRAPA-SEA, 1991. p. 189-254.
- OLIVEIRA, A. C. R.; PIZETTA, S. C.; REIS, E. F. dos. Análise do desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon Cultivar robusta tropical submetido a déficit hídrico. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 90-100, 2012.
- PEZZOPANE, J. R. M. et al. Caracterização do atendimento hídrico para o café conilon no Estado do Espírito Santo. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6., 2009, Vitória. **Anais...** Vitória: INCAPER, 2009. 1 CD-ROM.
- PIZETTA, S. C. et al. Influência do déficit hídrico no desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 1090, 2012.
- RAMOS, M. C.; MARTÍNEZ-CASASNOVAS, J. A. Soil water variability and its influence on transpirable soil waterfraction with two grape varieties under different rainfall regime. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 185, p. 253-262, 2014.
- RAY, J. D.; SINCLAIR, T. R. Stomatal conductance of maize hybrids in response to drying soil. **Crop Science**, Madison, v. 37, p. 803-807, 1997.
- SINCLAIR, T. R.; HOLBROOK, N. M.; ZWIENIECKI, M. A. Daily transpiration rates of woody species on drying soil. **Tree Physiology**, Oxford, v. 25, p. 1469-1472, 2005.
- SINCLAIR, T. R.; LUDLOW, M. M. Influence of soil water supply on the plant water balance of four tropical grain legumes. **Australian Journal Plant Physiology**, Collingwood, v. 13, p. 319-340, 1986.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.